



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 195 45 493 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 P 5/103**

②① Aktenzeichen: 195 45 493.6  
②② Anmeldetag: 6. 12. 95  
④③ Offenlegungstag: 12. 6. 97

DE 195 45 493 A 1

⑦① Anmelder:  
Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 81663  
München, DE

⑦② Erfinder:  
Solbach, Klaus, Dr.-Ing., 89250 Senden, DE

⑤④ Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter

⑤⑦ Die Erfindung betrifft einen Hohlleiter-Koaxial-Adapter, der als In-Line-Koppler mit einer E-Feld-Sonde ausgebildet ist. Dabei wird ein Ende des Koaxialkabels durch die Hohlleiter-Rückwand des Hohlleiters in den Hohlleiter eingeführt. Dort wird der Außenleiter des Koaxialkabels auf dem Hohlleiterboden befestigt. An dem Ende des Innenleiters des Koaxialkabels befindet sich eine Koppel-Scheibe, so daß eine E-Feld-Sonde entsteht zur Übertragung hoher Spitzenleistungen.

DE 195 45 493 A 1

Die Erfindung betrifft einen Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter wird verwendet, um elektromagnetische Wellen aus einer Koaxialleitung in eine Hohlleitung zu übertragen und/oder umgekehrt. Dabei sind insbesondere die Anpassungsbandbreite, Einfügungsverluste sowie Spitzenleistungsverträglichkeit wichtige elektrische Eigenschaften. Bei einer industriellen Serienfertigung sind weiterhin Gewicht, Herstellungskosten sowie die mechanische Gestalt wichtige Größen.

Fig. 1 zeigt einen als Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter verwendbaren sogenannten Vertikal-Koppler, der mit einer sogenannten E-Feld-Sondenkopplung arbeitet. Dabei ist ein Hohlleiter HO an einem Ende mit einer Hohlleiter-Rückwand HR abgeschlossen. Durch eine Seitenwand des Hohlleiters HO ist in einem Abstand D, z. B.  $D \approx \lambda/4$ , wobei  $\lambda$  die Wellenlänge der im Hohlleiter HO geführten Welle ist, ein Koaxial-Innenleiter KI elektrisch isoliert in den Hohlleiter HO eingeführt. Der Koaxial-Innenleiter KI ist an seinem einen Ende innerhalb des Hohlleiters HO mit einer Koppelscheibe KS abgeschlossen. Diese und der Koaxial-Innenleiter KI bilden die bereits erwähnte E-Feld-Sonde. An dem anderen Ende des Koaxial-Innenleiters KI befindet sich eine derzeit übliche Koaxial-Buchse KB, die an der Seitenwand des Hohlleiters HO befestigt ist, z. B. durch eine Schraubenverbindung. An die Koaxial-Buchse KB kann ein mit einem entsprechenden Koaxial-Stecker versehenes Koaxialkabel angeschlossen werden. Alternativ zu dieser mechanisch lösbaren Steckverbindung ist es möglich, statt der Koaxial-Buchse KB ein nicht dargestelltes Koaxialkabel unmittelbar an dem Hohlleiter zu befestigen, so daß ein nicht lösbarer Vertikal-Koppler entsteht. Derartige Vertikal-Koppler besitzen zwar vorteilhafterweise eine große relative elektrische Bandbreite sowie geringe elektrische Einfügungsverluste. Es kann aber in nachteiliger Weise lediglich eine geringe elektrische Spitzenleistung ein- oder ausgekoppelt werden.

Fig. 2 zeigt einen sogenannten In-Line-Koppler, bei dem eine sogenannte H-Feld-Sondenkopplung verwendet wird. Der dargestellte mechanisch lösbare In-Line-Koppler besteht aus einer an der Hohlleiter-Rückwand HR befestigten Koaxial-Buchse KB. Ein daran befestigter und in dem Innenraum des Hohlleiters HO befindlicher Koaxial-Innenleiter KI ist als elektrische Schleife ausgebildet, so daß eine magnetisch wirksame Sonde (H-Feld-Sonde) entsteht. Alternativ dazu ist es ebenfalls möglich, ein nicht dargestelltes Koaxialkabel unmittelbar an der Hohlleiter-Rückwand HR zu befestigen. Ein solcher In-Line-Koppler ermöglicht zwar, bezogen auf den Vertikal-Koppler entsprechend Fig. 1, ein Ein- oder Auskoppeln von wesentlich höheren Spitzenleistungen. Es ist aber in nachteiliger Weise eine geringe relative elektrische Bandbreite vorhanden. Diese kann bedarfsweise vergrößert werden durch eine mechanisch hochgenau hergestellte Schleife des Koaxial-Innenleiters KI und an diese Schleife angepaßte Anpassungselemente, beispielsweise Abstimmstifte innerhalb des Hohlleiters HO im Bereich des Koaxial-Innenleiters KI. Eine derartige Anordnung ist in nachteiliger Weise technisch aufwendig und daher ungeeignet für eine industrielle Serienfertigung.

Aus der US-PS 5,331,332 ist weiterhin ein In-Line-Koppler mit einer E-Feld-Sondenkopplung bekannt. Dabei wird außen an einer Hohlleiter-Rückwand eine

Koaxial-Buchse befestigt. Deren Innenleiter wird elektrisch isoliert durch die Hohlleiter-Rückwand hindurch longitudinal (parallel zur Längsachse des Hohlleiters) in den Hohlleiter hineingeführt und dort abgebogen, so daß eine E-Feld-Sondenkopplung entsteht. Eine derartige Anordnung ist aus mechanischen Gründen nicht mit einem Koaxialkabel allein realisierbar. Denn für dieses müßte an der Außenwand der Hohlleiter-Rückwand eine mechanische Halterung vorhanden sein, damit der Innenleiter immer an einer vorgebbaren Position im Inneren des Hohlleiters gehalten werden kann. Eine solche Halterung ist in nachteiliger Weise technisch aufwendig und damit kostengünstig. Außerdem benötigt die Halterung nachteiligerweise einen durch deren Konstruktion bedingten zusätzlichen Raum, so daß dadurch die mechanische Länge des Hohlleiters vergrößert wird.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäßen Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter anzugeben, der als In-Line-Koppler ausgebildet ist, eine E-Feld-Sonden-Kopplung für hohe Spitzenleistungen besitzt, lediglich für ein Koaxialkabel geeignet ist, mechanisch robust und platzsparend sowie kostengünstig ausführbar ist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Ausgestaltungen und/oder Weiterbildungen sind den weiteren Ansprüchen entnehmbar.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf schematisch dargestellte Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 3 bis Fig. 6 schematisch dargestellte Schnitte durch Ausführungsbeispiele zur Erläuterung der Erfindung.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Hohlleitern, die für den 5–6 GHz-Bereich geeignet sind, näher erläutert.

Solche metallischen Hohlleiter besitzen beispielsweise einen rechteckförmigen Querschnitt mit einer Innenbreite  $b$  von ungefähr  $b = 35$  mm, einer Innenhöhe  $h$  von ungefähr  $h = 15$  mm und einer Wandstärke  $w$  von ungefähr  $w = 1$  mm (Fig. 3a, 3b). Bei den Beispielen wird ein Koaxialkabel KK verwendet, das vorzugsweise als sogenanntes halbstarres Kabel ("Semi Rigid Cable") ausgebildet ist. Ein solches Koaxialkabel KK besitzt zumindest einen Innenleiter KI, eine diesen konzentrisch umgebende dielektrische Schicht und einen diese konzentrisch umgebenden metallischen Außenleiter, der beispielsweise einen Außendurchmesser von ungefähr 3,5 mm besitzt.

Fig. 3a und Fig. 3b zeigen einen Längs- bzw. Querschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel. Dieses zeigt einen Hohlleiter HO, dessen ein Ende mit einer Hohlleiter-Rückwand HR verschlossen ist. Bei einer Hohlleiter-Seitenwand, die im folgenden auch Hohlleiterboden HB genannt wird, ist an deren an die Hohlleiter-Rückwand HR angrenzenden Ende eine Nut NU vorhanden. Diese ist ungefähr in der Mitte (Fig. 3b) der Querschnittsseite des Hohlleiterbodens HB angeordnet und besitzt beispielsweise einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Radius, der ungefähr demjenigen des Außenleiters des Koaxialkabels KK entspricht. Die Nut NU ist im wesentlichen parallel zur Längsachse des Hohlleiters HO angeordnet und hat eine Länge, die beispielsweise einige Millimeter größer ist als der bereits erwähnte Abstand D (Fig. 3a, Fig. 1). Die Hohlleiter-Rückwand HR besitzt im Bereich der Nut NU eine kreisförmige Durchgangsbohrung, deren Durchmesser zweckmäßigerweise geringfügig größer ist als der Au-

ßendurchmesser des Außenleiters des Koaxialkabels KK. Dadurch ist es entsprechend Fig. 3a möglich, das Koaxialkabel KK durch die Bohrung in der Hohlleiter-Rückwand HR in die Nut NU zu schieben und dort den Außenleiter elektrisch leitend mit dem Hohlleiterboden HB sowie der Hohlleiter-Rückwand HR zu verbinden, beispielsweise durch eine Kleb- oder Lötverbindung. Dadurch ist das Koaxialkabel KK vorteilhafterweise mechanisch, und damit elektrisch, genau vorherbestimmbar bezüglich der Hohlleiter-Rückwand HR und des Hohlleiterbodens HB in mechanisch zuverlässiger und robuster Weise befestigt. Die Durchführung des Koaxialkabels KK durch die Hohlleiter-Rückwand HR ist durch die Kleb- oder Lötverbindung vorteilhafterweise gasdicht, so daß eine Verschmutzung des Innenraumes des Hohlleiters HO vermieden wird. An der Außenseite der Hohlleiter-Rückwand HR wird also vorteilhafterweise keine Halterung für das Koaxialkabel KK benötigt. Dieses kann daher beispielsweise unmittelbar an der Hohlleiter-Rückwand HR abgeknickt werden mit dem zulässigen kleinsten Krümmungsradius. Dadurch ist eine sehr platzsparende, gewichts- und kostengünstige Verkabelung möglich.

Innerhalb des Hohlleiters KO ist der Innenleiter KI des Koaxialkabels KK abgeknickt, beispielsweise um einen Winkel von ungefähr 90° und ungefähr bis zur Querschnittsmitte des Hohlleiters HO geführt (Fig. 3a, 3b). Auf dem im Hohlleiter HO befindlichen Ende des Innenleiters KI befindet sich eine Koppel-Scheibe KS, die beispielsweise einen Durchmesser von ungefähr 5 mm besitzt und elektrisch leitend auf dem Innenleiter KI befestigt ist, beispielsweise durch eine Lötverbindung.

Mit einer solchen Anordnung ist beispielsweise in dem bereits erwähnten 5–6 GHz-Bereich bei einer relativen Bandbreite von ungefähr 10% eine Spitzenleistung von ungefähr 10 kW übertragbar.

Es ist ersichtlich, daß bei der beschriebenen Anordnung entsprechend Fig. 3a, 3b die mechanische Festigkeit zwischen Koaxialkabel KK und Hohlleiterboden HB im wesentlichen von der verwendeten Kleb- oder Lötverbindung abhängt. Das heißt, möglicherweise vorhandene und/oder bei weiteren Montagevorgängen entstehende mechanische Belastungen (Spannungen) sind im wesentlichen durch die Kleb- oder Lötverbindung begrenzt.

Die Fig. 4a, 4b zeigen ein Ausführungsbeispiel, das sich von denjenigen entsprechend Fig. 3a, 3b lediglich dadurch unterscheidet, daß das Koaxialkabel KK mechanisch besonders stabil mit dem Hohlleiterboden HB sowie der Hohlleiter-Rückwand HR elektrisch leitend verbunden ist. Dieses wird dadurch erreicht, daß der Hohlleiterboden HB und/oder die Hohlleiter-Rückwand HR im Bereich des Koaxialkabels KK als hülsenförmige Durchführung DU ausgebildet sind. Die Durchführung DU besitzt eine kreisförmige Bohrung, deren Durchmesser vorzugsweise geringfügig größer ist als der Außendurchmesser des Außenleiters des Koaxialkabels KK. Dadurch läßt sich dieses im wesentlichen formschlüssig in den Hohlleiter einschieben und in der beschriebenen Weise durch eine Kleb- oder Lötverbindung befestigen. Diese stellt dann nur die elektrische Verbindung zwischen dem Koaxialkabel KK und der Durchführung DU (Hohlleiter HO) her. Dagegen werden die erwähnten mechanischen Belastungen (Spannungen) vorteilhafterweise durch die mechanische Konstruktion der Durchführung (Länge und Dicke der Wandstärke) aufgefangen und begrenzt.

Die Anordnung entsprechend Fig. 4a, 4b hat außer-

dem den Vorteil, daß innerhalb des Innenraumes des Hohlleiters HO allenfalls vernachlässigbare Kleb- oder Lötmittelreste vorhanden sind. Dadurch können insbesondere durch diese keine störenden Beeinflussungen des elektrischen Feldes auftreten. Denn dieses ist lediglich durch die Form der Durchführung und nicht durch diejenige der Kleb- oder Lötverbindung bestimmt.

Die Fig. 5 und Fig. 6 zeigen Ausführungsbeispiele zur Übertragung einer hohen Spitzenleistung.

Das Ausführungsbeispiel entsprechend Fig. 5 unterscheidet sich von demjenigen entsprechend Fig. 4a, 4b lediglich dadurch, daß zwei E-Feld-Sonden KS, KI nebeneinander in einem gemeinsamen Hohlleiter HO angeordnet sind. Zu jeder E-Feld-Sonde gehört ein zugehöriges Koaxialkabel KK. Durch einen symmetrischen Aufbau (Anordnung) der E-Feld-Sonden in den Hohlleiter HO erfolgt eine gleichstarke Aufteilung der in diesem geführten Hohlleiterwelle auf die beiden E-Feld-Sonden und damit die beiden Koaxialkabel. Es entsteht also ein 3 dB-Leistungsverteiler für die Hohlleiterwelle.

Umgekehrt ist es auch möglich, mit zwei Signalen, die in den beiden Koaxialkabeln geführt werden, und den beiden E-Feld-Sonden in dem Hohlleiter eine Hohlleiterwelle anzuregen.

Fig. 6 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem zwei Hohlleiter entsprechend Fig. 5 spiegelsymmetrisch mit ihren Hohlleiterböden zusammengesetzt sind. Jeder Hohlleiter enthält, entsprechend Fig. 5, jeweils zwei E-Feld-Sonden.

Eine solche Anordnung ermöglicht vorteilhafterweise eine Zusammenfassung der vier Koaxialkabel zu einem gemeinsamen sogenannten Kabelbaum. Dieser kann mechanisch kompakt und zuverlässig (erschütterungssicher) ausgeführt werden.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern sinngemäß auf weitere anwendbar. Beispielsweise ist es bei einer geringen mechanischen Beanspruchung möglich, die Durchführung DU (Fig. 4a, 4b) sowie die Nut NU (Fig. 3a, 3b) wegzulassen und den Außenleiter des Koaxialkabels KK unmittelbar auf den Hohlleiterboden HB zu befestigen, beispielsweise durch eine Lötverbindung.

Weiterhin ist es beispielsweise möglich, mehr als zwei E-Feld-Sonden in jeweils einem Hohlleiter nebeneinander anzuordnen, sofern dies aus elektrischen Gründen erforderlich ist.

#### Patentansprüche

1. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter, zumindest bestehend aus

— einem Hohlleiter zur Führung einer elektromagnetischen Hohlleiterwelle, wobei ein Ende des Hohlleiters durch eine Hohlleiter-Rückwand abgeschlossen ist und

— einem Innenleiter eines Koaxialkabels, wobei der Innenleiter elektrisch isoliert durch die Hohlleiter-Rückwand in den Hohlleiter geführt und derart geformt ist, daß eine E-Feld-Sonde entsteht, dadurch gekennzeichnet,

— daß in der Hohlleiter-Rückwand (HR) eine Durchgangsbohrung vorhanden ist derart, daß deren Durchmesser größer ist als der Außendurchmesser des Außenleiters eines Koaxialkabels (KK),

— daß die Durchgangsbohrung in unmittelbarer Nähe des Hohlleiterbodens (HB) angeordnet ist derart, daß das durch die Durchgangs-



bohrung in den Innenraum des Hohlleiters (HO) geführte Koaxialkabel (KK) dort den Hohlleiterboden (HB) berührt und auf diesem befestigbar ist,

— daß innerhalb des Hohlleiters (HO) der Innenleiter (KI) des Koaxialkabels (KK) aus diesem herausgeführt ist und in den Innenraum des Hohlleiters (HO) ragt und

— daß innerhalb des Hohlleiters (HO) auf dem Ende des Innenleiters (KI) eine Koppel-Scheibe (KS) vorhanden ist derart, daß diese in Kombination mit dem Innenleiter (KI) eine E-Feld-Sonde für eine in dem Hohlleiter (HO) fñhrbare Hohlleiterwelle bilden.

2. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Hohlleiters (HO) die Befestigung des Außenleiters des Koaxialkabels auf dem Hohlleiterboden (HB) durch eine elektrisch leitende Kleb- oder Lötverbindung erfolgt.

3. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Aufnahme des Außenleiters des Koaxialkabels (KK) innerhalb des Hohlleiters (HO) an die Durchgangsbohrung angrenzend eine Nut (NU) in dem Hohlleiterboden (HB) vorhanden ist.

4. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Hohlleiters (HO) auf dem Hohlleiterboden (HB) anstelle der Nut (NU) oder zusätzlich zu dieser eine mechanisch mit dem Hohlleiterboden (HB) verbundene Durchführung (DU) vorhanden ist, in welche der Außenleiter des Koaxialkabels (KK) einschiebbar und befestigbar ist.

5. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb des Hohlleiters (HO) auf dem Hohlleiterboden (HB) mindestens zwei Koaxialkabel (KK) befestigt sind, wobei deren Enden zu jeweils einer E-Feld-Sonde ausgebildet sind.

6. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Hohlleiter (HO) mit ihren Hohlleiterböden (HB) zusammengefügt sind und daß in jedem der Hohlleiter (HO) mindestens eine E-Feld-Sonde vorhanden ist.

7. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Koaxialkabel (KK) als halbstarres Kabel ("Semi Rigid Cable") ausgebildet ist.

8. Hohlleiter-Koaxialkabel-Adapter nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Verwendung im Verteilnetzwerk einer Radarantenne.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

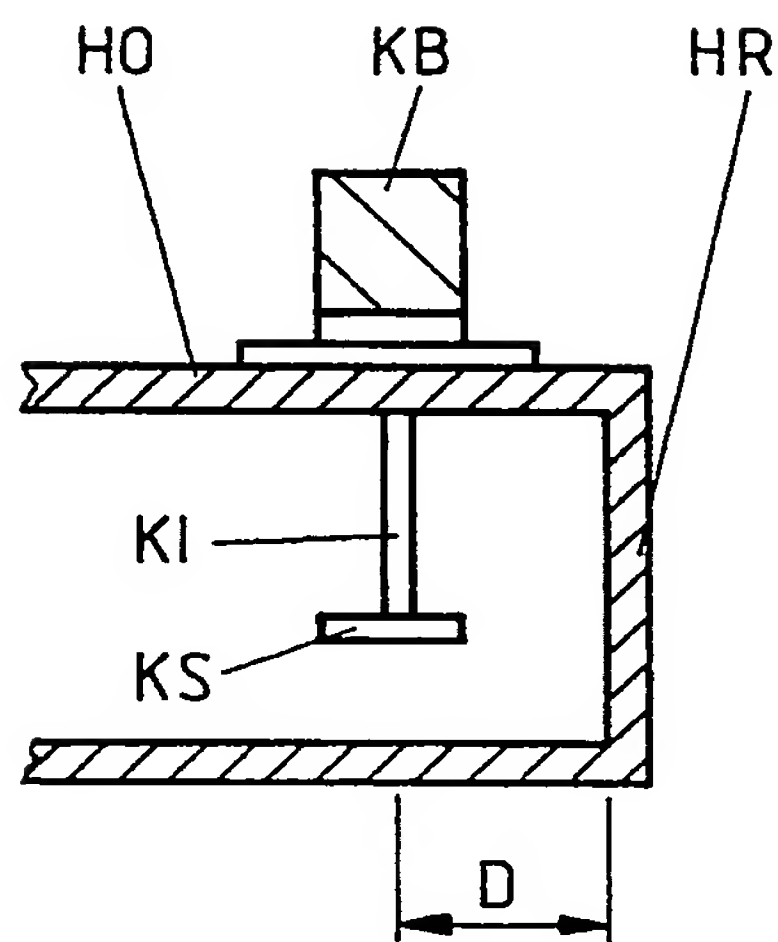


FIG. 1

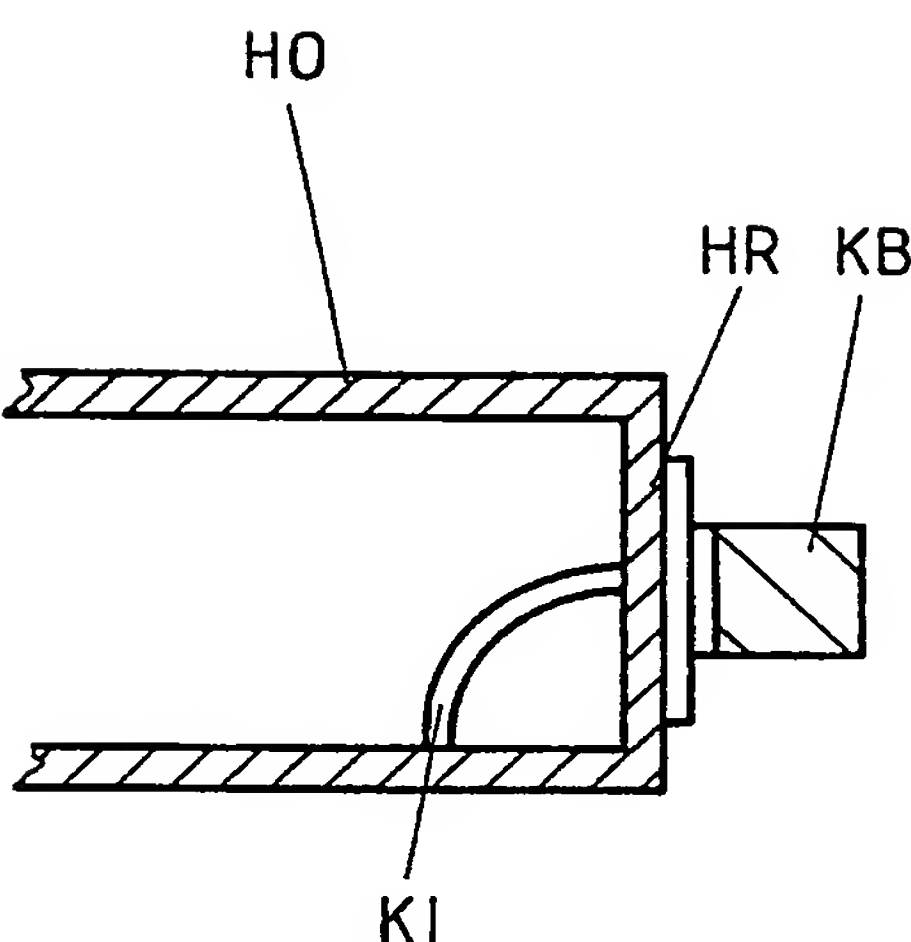


FIG. 2

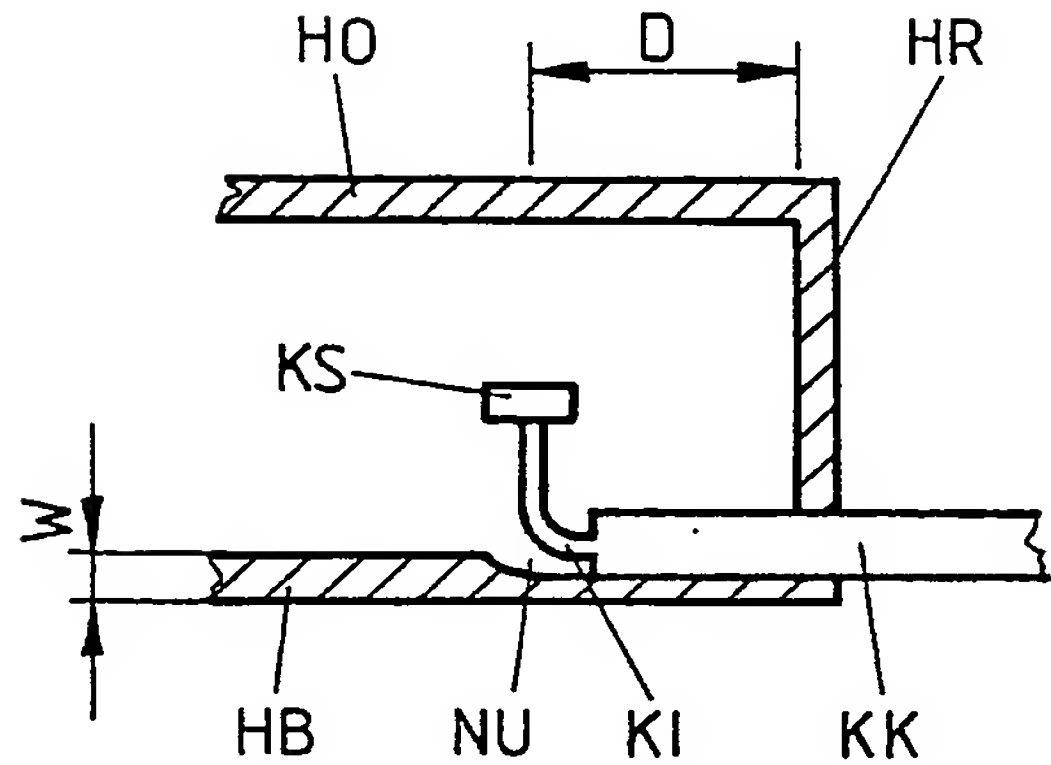


FIG. 3A

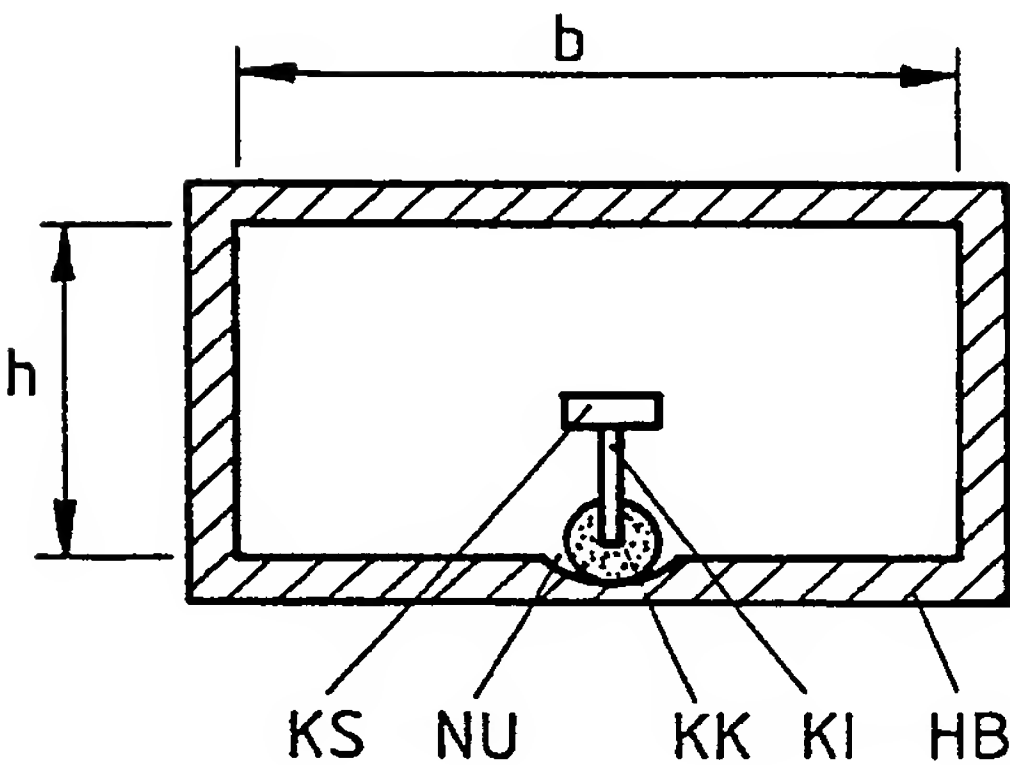


FIG. 3B

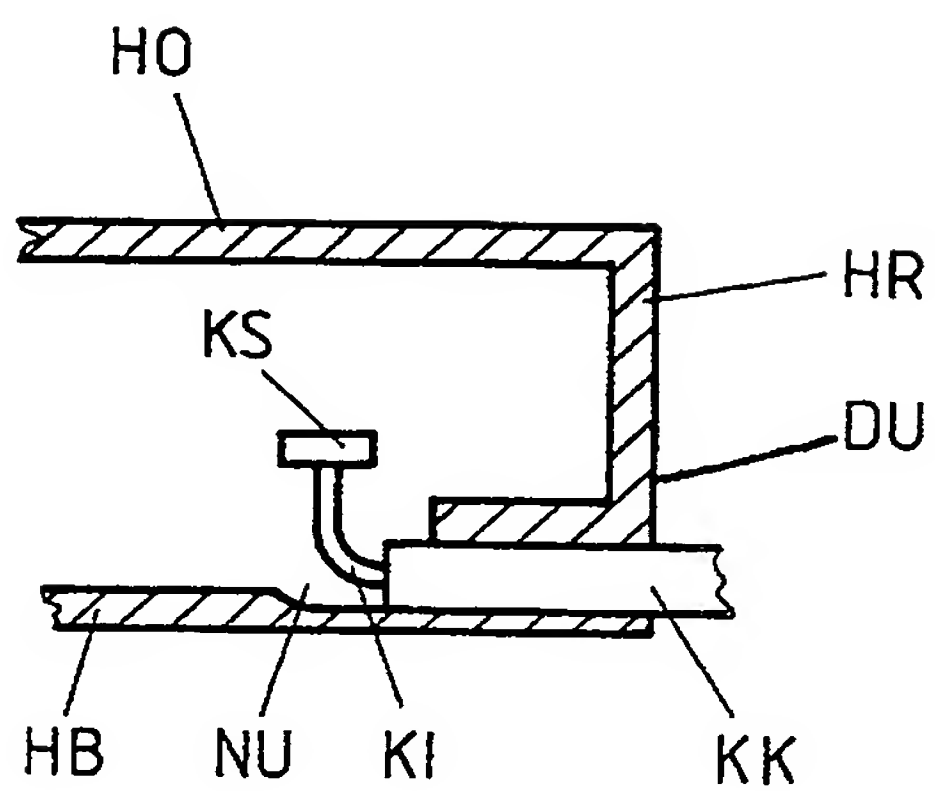


FIG. 4A

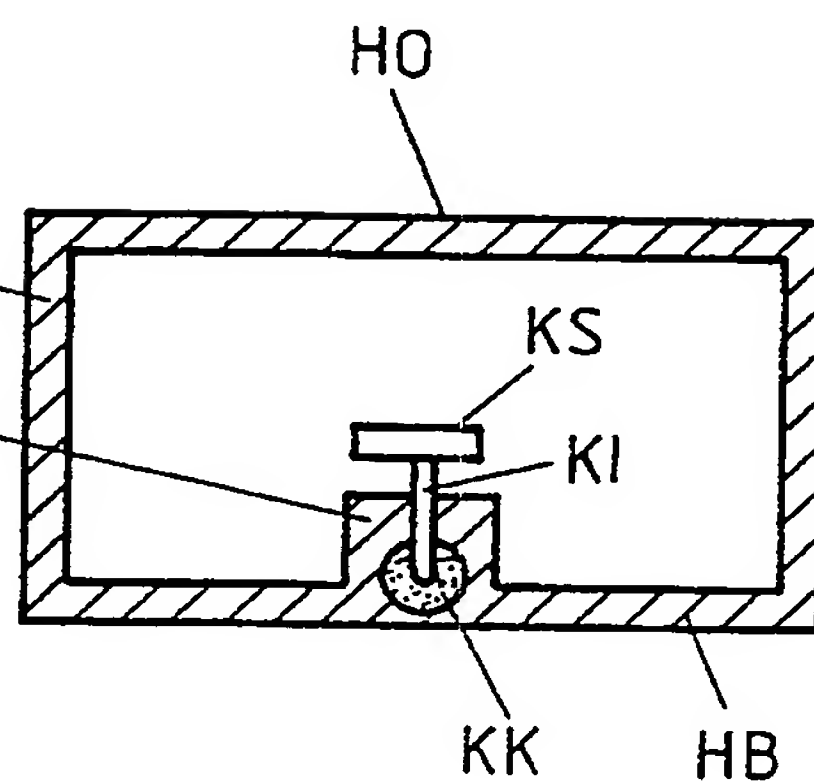


FIG. 4B

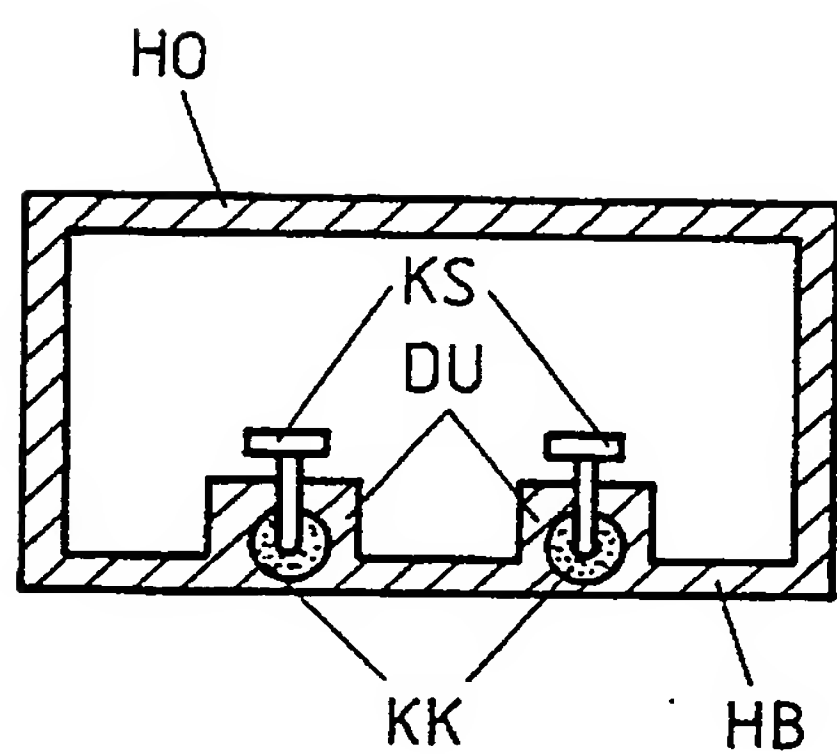


FIG. 5

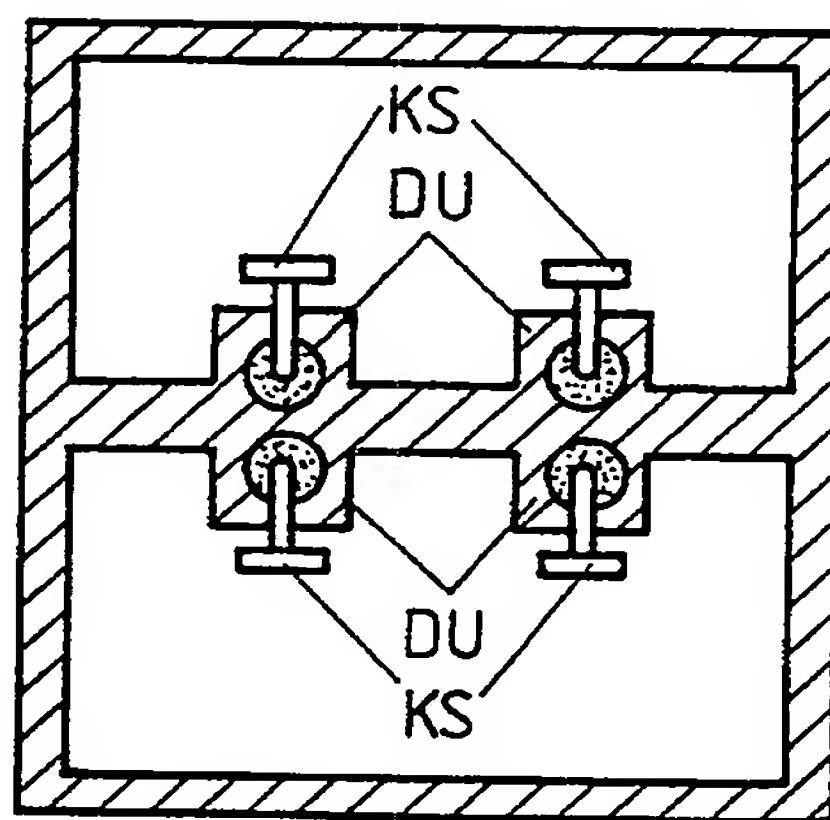


FIG. 6